

有酸素的運動が鍛練者および非鍛練者の 呼気中炭化水素濃度に及ぼす影響

名古屋工業大学 大桑 哲 男

(共同研究者) 同 伊 藤 宏

中 部 大 学 下 田 次 雄

名古屋自由学院短期大学 石 田 直 章

The Influence of Aerobic Exercise on the Hydrocarbon in Expired Air in Trained and Untrained Subjects

by

Tetsuo Ohkuwa, Hiroshi Itoh

Nagoya Institute of Technology

Tsugio Shimoda

Tyuubu University

Naoaki Ishida

Nagoya Jiyuu Gakuin Junior College

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of maximal exercise on the composition of plasma fatty acid in trained and untrained subjects. Five trained distance runners and five untrained subjects performed maximal treadmill running. Lactate, glycerol, free fatty acid, fatty acid composition in plasma, and acetone, ethane, pentane and butane in the expired air were measured at rest, during and after the maximal exercise. The blood glycerol, following the maximal exercise, was significantly higher in the trained subjects when compared to the untrained subjects ($P < 0.01$).

There was no significant effect of acute maximal exercise on the

fatty acid composition of plasma in the trained or untrained subjects. The palmitic acid of the trained subjects was higher than that of the untrained subjects at rest and during recovery ($P < 0.01$). The stearic acid and oleic acid in the trained subjects were lower than that in untrained subjects at rest and after the exercise. The acetone in expired air during exercise correlated significantly with the exercise intensity (% of \dot{V}_{O_2}) in the trained subjects ($r = 0.611$, $P < 0.01$), and all the subjects ($r = 0.401$, $P < 0.05$). There was significant relationship between linoleic acid in plasma and ethane in expired air at rest, and after exercise, in all subjects.

These results suggest that, 1) aerobic training caused changes in the composition of plasma fatty acid, but acute maximal exercise did not cause such changes, 2) the acetone in expired air increased with an increase in exercise intensity, 3) the ethan in expired air might be caused by linoleic acid in the plasma.

要 旨

本研究は最大運動後の血中脂肪酸組成を鍛練者と非鍛練者間で比較すること、呼気中アセトン濃度と運動強度の関係を明らかにすることおよび運動後の呼気中炭化水素と血中脂肪酸組成の関係を明らかにすることを目的に行った。被検者は5名の長距離選手と5名の非鍛練者であった。トレッドミル最大運動での脂質代謝は非鍛練者より鍛練者において、より亢進していることが観察された。血中パルミチン酸は非鍛練者より鍛練者の方が有意に高く、ステアリン酸は鍛練者の方が有意に低い値を示した。これらのことは、長期間にわたる有酸素的トレーニングは筋肉において脂肪酸を選択的に利用するようになることを示唆している。

運動中の呼気中アセトン濃度は、運動強度(酸素摂取量/最大酸素摂取量)と密接に関係していた。鍛練者において両者の相関係数(r)は0.611($P < 0.01$)、非鍛練者においての相関係数(r)は、

0.329 (ns)、全被検者においては $r = 0.401$ ($P < 0.05$)であった。血中リノール酸と呼気中エタン濃度は安静時と回復期5分で有意に高い相関関係が認められ、呼気中エタン濃度は血中リノール酸濃度を反映していることが示唆された。

緒 言

これまでに有酸素的運動は脂質代謝を高めることが数多く報告されてきた^{3,12,14}。そしてさらに、有酸素的トレーニングを積んだ長距離選手は、非鍛練者に比較し脂質代謝が亢進していることが観察されている^{9,12,13}。岩垣ら⁸は、一般人を対象に運動にともなう脂肪酸の動員は安静時に比ベ量的のみならず、質的にも変化することを明らかにしている。すなわち、岩垣ら⁸は最大下運動での1時間運動中、血中遊離脂肪酸は増大し、これにともなうオレイン酸は増大し、逆にリノール酸は低下したことを報告している。しかし持久性トレーニングを積んだ長距離選手と非鍛練者における最大運動後の脂肪酸動員の質的变化に関する報告は

見当たらない。

また、内田ら²³⁾および嵯峨井ら¹⁶⁾は、呼気ガス中の炭化水素すなわち、エタンとペンタンは血中リノール酸、ブタンはミリスチン酸をよく反映していることを明らかにしているが、運動による呼気ガス中炭化水素が血中脂肪酸の質的变化の指標になりうるか否かは明らかではない。また呼気中アセトン²¹⁾は血中β-ヒドロキシ酪酸²¹⁾、血中アセトン²¹⁾や運動中の血中グルコース濃度⁶⁾と密接に関係していることが明らかにされている。しかし呼気中アセトン濃度と運動強度との関係は明らかにされていない。そこで本研究は、持久性トレーニングが、運動中および運動後の血中および呼気ガス中の脂肪酸動員の量的および質的变化に及ぼす影響を明らかにするために行った。

1. 研究方法

被検者は、鍛練者群として大学の陸上競技部に所属する男子長距離選手5名と対照群として同年齢の健康な男子大学生5名である。長距離選手および非鍛練者の年齢、身長、体重、最大酸素摂取量/体重を表1に示した。長距離選手は、少なくとも3年間持久性トレーニングを継続し、現在、1日約2～3時間、週6日の有酸素的トレーニングを行っており、年間数回にわたり競技会に出場している鍛練者である。非鍛練者は1ヵ月に2～3回リクリエーション運動を行う程度であった。

被検者は、実験室に来室し、20分間静かに椅子に座り、その後10分間簡易ベットの上で安静を

表1 鍛練者と非鍛練者の身体的特徴および体重当たりの最大酸素摂取量

Subjects groups	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg min)
Trained	19.6	169.0	57.4	68.3
	0.5	4.4	3.1	2.9
Untrained	19.6	169.2	63.9	50.5
	0.5	8.3	7.4	2.8

保ち最後の5分間に心拍数を測定し、呼気ガスをダグラスバッグに採集した。採血は呼気ガス採集後に行われた。その後鍛練者はトレッドミルのスピードを140 m/min、非鍛練者は120 m/minのスピードで4分間ウォーミングアップを行った。運動負荷は、トレッドミルを使用し3段階のスピードをそれぞれ4分間走行した後スピードを10 m/minずつ漸増することにより疲労困憊に至るまで運動を行わせた。なお非鍛練者においては2人が12分で疲労困憊に至った。

3段階の負荷は、非鍛練者は130 m/min、170 m/min、200 m/min、鍛練者は170 m/min、200 m/min、250 m/minで行った。なおトレッドミルの傾斜角度は、鍛練者は5度、非鍛練者は3度に設定した。被検者はダグラスバッグに詰められた純空気を吸入し、呼気ガスの採集は安静時は5分間、運動中3～4分、7～8分、11～12分は1分間、回復期は、2～7分、12～17分、25～30分間と5分間行った。

採集した呼気ガスは乾式ガスメータにて換気量を測定しながら、その一部をテドラーバッグに集め、酸素と炭酸ガス濃度、アセトンおよび炭化水素濃度を測定した。酸素摂取量測定のための酸素濃度および炭酸ガス濃度は東レ産業製の酸素および炭酸ガス分析装置を使用して測定した。これらの呼気ガス濃度は2種類の既知の標準ガスを用いて校正し求めた。さらにテドラーバッグに集められた呼気ガスは嵯峨井¹⁶⁾および内田ら²³⁾の方法によって呼気ガスを濃縮し、エタン、ペンタン、ブタンの炭化水素を測定した。これら炭化水素は柳本KKのガスクロマトグラフィー(G 2800-F)を用いて行った。

その測定条件は、3.5 mのステンレス性のカラム(3φ)で、充てん剤は活性アルミナを使用し、Injection温度は160°C、Detector温度は280°C、カラム温度は60°Cからスタートし、最大温度は280°Cとし、昇温速度は15°C/分であった。呼気

中アセトン濃度は、前述したガスクロマトグラフィにて、2.0 m のステンレス性カラムにて、充てん剤は PEG (polyethylene glycol) を使用し、カラム温度は 80°C に設定し測定した。

採血は、安静時、運動終了後、2.5 分、5 分、10 分、15 分、30 分に正中皮下静脈から行い、血中乳酸、グリセロール、遊離脂肪酸は酵素法にて測定した。また血液中のミリスチン酸 (C₁₄)、パルミチン酸 (C₁₆)、ステアリン酸 (C₁₈₌₀)、オレイン酸 (C₁₈₌₁)、リノール酸 (C₁₈₌₂) は Folch の方法⁵⁾により総脂質を抽出した後、ジアゾメタンでメチルエステル化し⁷⁾、前述した水素イオン化式 (FID) ガスクロマトグラフィにて測定した⁸⁾。心拍数は三栄測器社製のダイナスコープ (DS-502) を使用し、実験開始から終了まで連続的に心電図を記録し求めた。両群の有意差は、Student の t-test を用いて検定した。

2. 研究結果

図 1 には鍛練者と非鍛練者の安静時、運動中および回復期における心拍数の変動を平均値と標準偏差で示した。3～4 分、7～8 分、11～12 分の心拍数は鍛練者でそれぞれ 145 ± 9 拍/分、166 ± 5 拍/分、186 ± 8 拍/分、194 ± 11 拍/分であり、非鍛練者では 171 ± 8 拍/分、191 ± 8 拍/分、194 ± 6 であった。170 m/分および 200 m/分ス

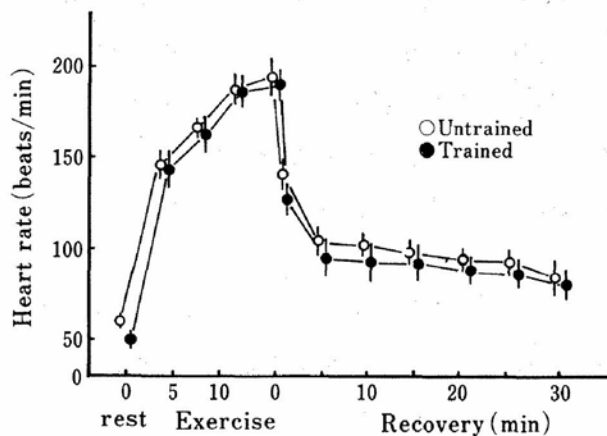


図 1 鍛練者 (●) と非鍛練者 (○) における心拍数の変化

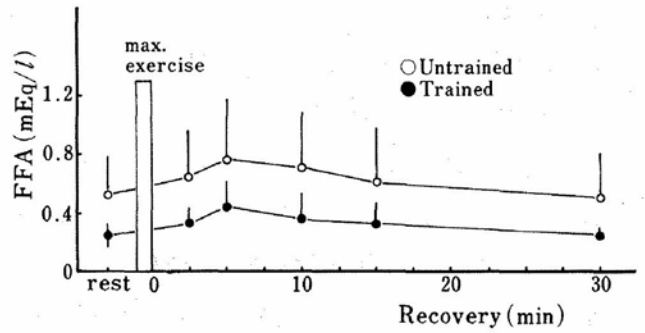


図 2 鍛練者 (●) と非鍛練者 (○) における血中遊離脂肪酸濃度の変化

ピードでの心拍数は鍛練者と非鍛練者間に有意な差が認められた ($P < 0.01$)。

図 2 には血液中の遊離脂肪酸の安静時および運動後の変化を平均値と標準偏差で示した。安静時において鍛練者の値は 0.24 ± 0.05 mEq/l、非鍛練者では 0.52 ± 0.33 mEq/l であり、最大値は鍛練者および非鍛練者ともに回復期 5 分にあらわれ、値はそれぞれ 0.45 ± 0.16 mEq/l、 0.76 ± 0.45 mEq/l であり、回復 30 分ではいずれのグループもほぼ安静時と同じ値であった。鍛練者の値は非鍛練者に比較し低い傾向が見られたが両群間に有意な差は認められなかった。

図 3 は血中グリセロールの安静時および運動後の変化を平均値と標準偏差で示した。鍛練者および非鍛練者のグリセロール濃度はそれぞれ、 0.112 ± 0.010 mmol/l、 0.121 ± 0.018 mmol/l であり、両群間に有意な差は認められなかった。最大運動

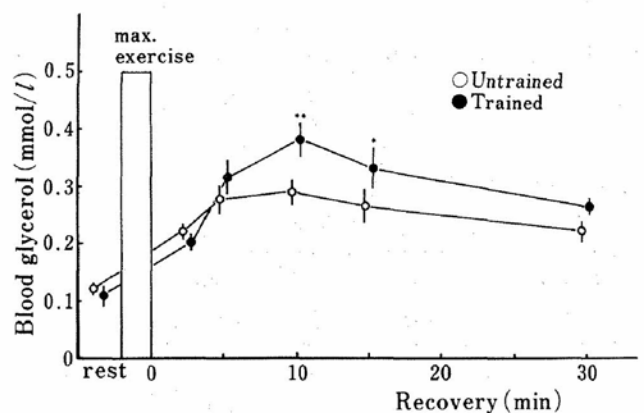


図 3 鍛練者 (●) と非鍛練者 (○) における血中グリセロール濃度の変化
* ; $P < 0.05$, ** ; $P < 0.01$.

後 10 分と 15 分に両群間に有意差が認められ ($P < 0.05$, $P < 0.01$), 10 分では鍛練者で 0.382 ± 0.030 mmol/l, 非鍛練者で 0.289 ± 0.030 mmol/l であった。

両群における安静時および運動後の血中乳酸濃度の変化を図 4 に示した。安静時においては, 両群間に差は見られなかった。両群とも運動後 5 分に最大値が出現し, 鍛練者では 11.0 ± 2.0 mmol/l

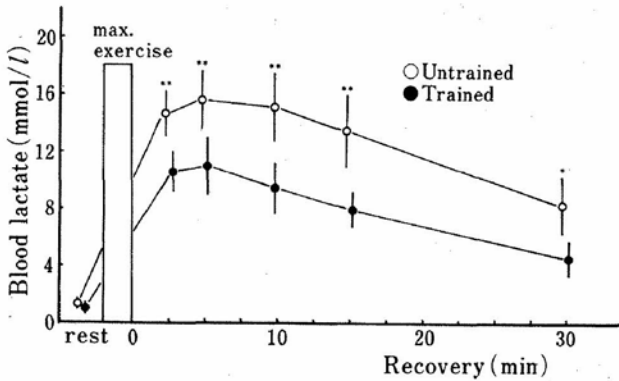


図 4 鍛練者 (●) と非鍛練者 (○) における血中乳酸の変化
*; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$.

l, 非鍛練者では 15.6 ± 2.2 mmol/l であり, 非鍛練者は鍛練者に比較し高い値を示した ($P < 0.05$, $P < 0.01$).

図 5 は, 安静時および運動後の血中遊離脂肪酸組成の変動を平均値と標準偏差で示し, 鍛練者と非鍛練者で比較したものである。安静時において, 鍛練者の脂肪酸組成は, パルミチン酸 (C_{16}) が 32.7% と最も高く, オレイン酸 (C_{18-1}) が 30.7% と 2 番目に高い値を示し, リノール酸 (C_{18-2}) は, 22.8%, ステアリン酸 (C_{18-0}) は 8.2%, ミリスチン酸 (C_{14}) は 5.4% であった。非鍛練者においては, オレイン酸 (C_{18-1}) がもっとも高く, 37.0%, パルミチン酸 (C_{16}) は 26.2%, リノール酸 (C_{18-2}) は 22.8%, ステアリン酸 (C_{18-0}) は 10.1%, ミリスチン酸 (C_{14}) は 5.4% であった。鍛練者のパルミチン酸は, 非鍛練者に比較し有意に高く ($P < 0.01$), 一方オレイン酸は, 鍛練者よりも非鍛練者のほうが有意に高い値を示した ($P <$

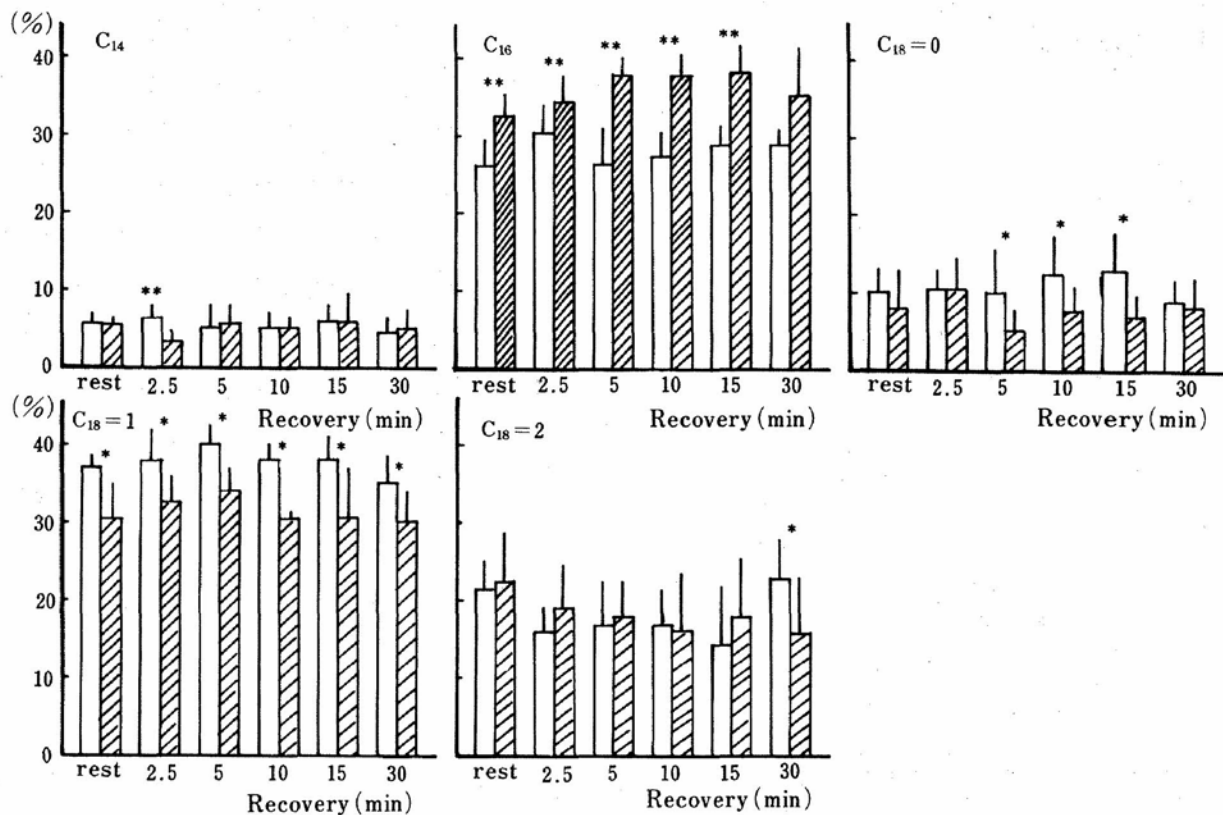


図 5 血中脂肪酸組成の鍛練者 (▨) と非鍛練者 (□) の比較
*; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$.

0.01). ステアリン酸は回復期 5, 10, 15 分に両群間で有意差が認められた ($P < 0.05$). ミリスチン酸とリノール酸はそれぞれ回復期 2.5 分と 30 分のみ両群間に有意差が認められた. 運動後の脂肪酸組成の変動についてみると, 運動後, 鍛練者および非鍛練者ともに, パルミチン酸, オレイン酸, ステアリン酸は増大傾向にあり, リノール酸は減少傾向が見られた. しかし, いずれも有意な差は認められなかった.

図 6 は運動中の呼気中のアセトン濃度と運動強度 (酸素摂取量/最大酸素摂取量) の関係を示したものである. 鍛練者において, 呼気中アセトン濃度は運動強度と高い相関関係が認められた ($r = 0.611, P < 0.01$). しかし非鍛練者においては,

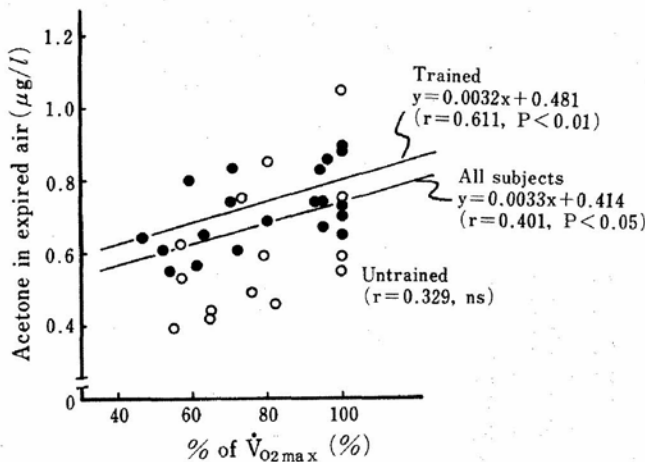


図 6 鍛練者 (●) と非鍛練者 (○) における呼気中アセトン濃度と運動強度 (酸素摂取量/最大酸素摂取量) の関係

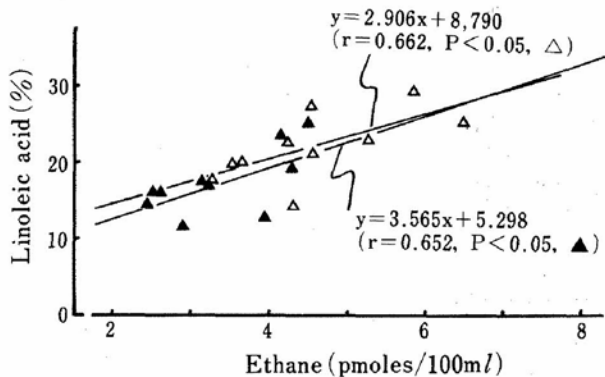


図 7 安静時 (△) および回復期 5 分 (▲) における血中リノール酸と呼気中エタン濃度の関係

有意な関係は見られなかった ($r = 0.329, ns$). また全被検者では, 有意に高い相関関係が得られた ($r = 0.401, P < 0.05$).

図 7 には安静時および回復期 5 分目における血中リノール酸と呼気中エタン濃度の関係を示した. 全被検者において安静時のリノール酸とエタン濃度の間に有意な相関関係 ($r = 0.662, P < 0.05$) が認められ, 回復期 5 分においても高い相関係数 ($r = 0.652, P < 0.05$) が認められた. しかしながら, 呼気中ペンタンと血中リノール酸および呼気中ブタンと血中ミリスチン酸の間に密接な関係は認められなかった.

3. 考 察

本研究においてトレッドミル最大作業後の血中遊離脂肪酸濃度およびグリセロール濃度は, 安静時に比較し鍛練者および非鍛練者ともに有意に増大した (図 2, 3). このことは, 最大運動により脂質代謝が亢進したことを示唆するものである. この結果はこれまでの報告と一致している^{8,12,13}. また鍛練者のグリセロール濃度は非鍛練者に比較し有意に高値を示したことから, 鍛練者の脂肪分解は非鍛練者のそれより多大であることを示すものであろう. さらに有意ではなかったものの鍛練者の遊離脂肪酸は非鍛練者より低い傾向が観察され (図 2), さらに血中乳酸濃度は非鍛練者に比べ鍛練者の方が有意に低かった (図 4). これらの結果は鍛練者は非鍛練者より脂肪酸の取り込みが多いことによるものであり^{9,15,18}, 同時に最大運動において, 鍛練者は非鍛練者に比べ解糖からではなく脂肪分解からエネルギーを獲得していることが推察される.

Simko¹⁷ はラットを対象に水泳トレーニングを行わせた結果, パルミチン酸とステアリン酸に増加が認められ, オレイン酸は変化しなかったことを報告している. また辻ら²² は水泳トレーニング後, ステアリン酸とオレイン酸がわずかに増加

したことを報告しているが、重要な意味を持つものではないと述べている。しかしながら、Wirthら²⁰は、トレーニング後パルミチン酸とステアリン酸が減少し、オレイン酸が増大したことを報告している。また鈴木ら²⁰はラットを対象にしての長時間の持久性トレーニングは脂肪組織の脂肪酸の組成に変化が認められなかったことを報告している。さらに、Carlstenら¹¹は、自転車運動後ステアリン酸とオレイン酸が減少し、パルミチン酸とリノール酸が増大したことを報告している。このように、運動およびトレーニングが脂肪酸構成比に与える影響についての結果は一致していない。

本研究において、図5に示すように、acuteな運動によって血中脂肪酸組成に変化が認められなかった。しかしながら、非鍛練者に比べ鍛練者のパルミチン酸は有意に高い値を示し、ステアリン酸とオレイン酸は有意に低い値を示した。トレーニング後のパルミチン酸の増大あるいはオレイン酸の減少は春日⁹やSimkoら¹⁷の結果と一致していた。また鍛練者のステアリン酸が非鍛練者より低い値を示したことはWirthら²⁰の結果と同じであった。このことは長期間にわたる激しい有酸素的運動は最大下運動と同様に、最大運動においても筋肉において脂肪酸が選択的に利用されていることを示唆しているのものであろう。

呼気中のアセトンは糖尿病性ケトosis¹⁹や肥満者⁶などで高い値を示すことが報告されており、人の健康状態を非観血的にとらえることができ注目を集めている。アセトンは脂肪の分解によって生成される。脂肪組織から放出された遊離脂肪酸が血流にのって肝臓に運ばれ、肝細胞に取り込まれβ酸化経路によって産生される。呼気中アセトン測定最大の利点は肝臓で生成されたアセトンを他の末梢組織を通過する以前に最初に肺胞でチェックできることである¹¹。

本研究において、図6に示すように、呼気中のアセトン濃度は相対的運動強度と密接に関係して

いることが明らかにされた。運動強度にともなう呼気中アセトン濃度増大のメカニズムは明らかではないが、三井ら¹⁰が呼気中アセトン濃度は、カテコールアミンと深く関係していることを報告していることから、本研究において運動強度にともないカテコールアミンが増大し、これが脂肪分解を促進させ呼気中のアセトンを増加せしめたものと推察される。

嵯峨井¹⁶および内田ら²³によって、呼気中に認められるエタンやペンタン等の炭化水素は過酸化脂質の分解によって生ずることが報告されて来た。しかしこれらの報告は種々の呼吸器疾患を対象に観察された結果である。運動によるこれら呼気中炭化水素の変化については、報告が非常に少ない。Dillardら²²は自転車エルゴメータでの運動負荷後呼気中ペンタンが増加したことを報告している。本研究において、Dillarら²²の報告と異なり、呼気中ペンタン濃度は有意な増大は観察されなかった。

図7に示したように血中リノール酸濃度は呼気中エタン濃度と密接な関係が認められた。この結果から、呼気中エタン濃度は血中のリノール酸濃度を反映しているものと推察される。また呼気中ブタンおよびペンタン濃度はそれぞれ血中ミリスチン酸およびリノール酸濃度と密接な関係は認められなかったことから、今後さらに詳細な研究が望まれる。

4. ま と め

本研究は1) 最大運動後の血中脂肪酸組成を鍛練者と非鍛練者で比較すること、2) 運動中の呼気中アセトン濃度と運動強度の関係を明らかにすること、3) 最大運動後の呼気中炭化水素濃度と血中脂肪酸組成の関係を明らかにすることを目的に行い、つぎのような結果を得た。

1) acuteな最大運動後血中脂肪酸組成は両群ともに有意な変化は見られなかった。血中パルミ

チン酸濃度は、非鍛練者に比べ鍛練者の方が有意に高く、ステアリン酸濃度は鍛練者より非鍛練者の方が有意に高い値であった。

2) 運動中の呼気中アセトン濃度は運動強度(酸素摂取量/量大酸素摂取量)と密接に関係していた。鍛練者において、両者の相関関係は $r=0.611$ ($P<0.01$)、非鍛練者において、 $r=0.329$ (ns)、全被検者においては $r=0.401$ ($P<0.05$) であった。

3) 呼気中エタン濃度は血中リノール酸濃度をよく反映していることが明らかとなった。

謝 辞

共同研究者である石田直章氏が1991年4月から9月までカナダのUniversity of Waterlooに出張したため、伊藤 宏氏(名古屋工業大学保健体育教室)に研究協力をお願いした。本研究の共同研究者として伊藤 宏氏を追記したい。氏には実験補助、血中代謝物質の測定、データ分析で多くの援助を得た。

文 献

- 1) Carlsten, A., Häggendal, J., Hallgren, B., Jagenburg, R., Svanborg, A., Werkö, L.; Effects of ganglionic blocking drugs on blood glucose, amino acids, free fatty acids and catecholamines at exercise in man, *Acta Physiol. Scand.*, **64**, 439-447 (1965)
- 2) Dillard, C. V., Litov, R. E., Savin, W. M., Dumelin, E. E., Tappel, A. L.; Effects of exercise, vitamin E, and ozone on pulmonary function and lipid peroxidation, *J. Appl. Physiol.*, **45**, 927-932 (1978)
- 3) Dohm, G. L., Beeker, R. T., Israel, R. G., Tapscott, E. B.; Metabolic responses to exercise after fasting, *J. Appl. Physiol.*, **61**, 1363-1368 (1986)
- 4) Dumelin, E. E., Tappel, A. L.; Hydrocarbon gases produced during in vitro peroxidation of polyunsaturated fatty acids and decomposition of preformed hydroperoxides, *Lipids*, **12**, 894-900 (1977)

- 5) Folch, J., Lees, M., Sloanestanley, G. H.; A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509 (1957)
- 6) 二木安之; 呼気アセトン等を指標とした運動負荷による体重減少効果に関する研究, *デサントスポーツ科学*, **9**, 180-188 (1988)
- 7) 原 一郎, 高橋喜弥太; 臨床脂質化学 医学書院, p.368 (1970)
- 8) 岩垣丞恒, 風見昌利, 渡辺雅之, 小林啓三; 運動処方のための脂質代謝(II), *デサントスポーツ科学*, **7**, 2-15 (1986)
- 9) 春日規克; トレーニングが血中および脂肪組織の脂肪酸構成比にあたえる影響, *体育学研究*, **29**, 245-249 (1984)
- 10) 三井泰裕, 中川滋木, 二木安之; 呼気中微量代謝物の検出, 第2回診断クロマトグラフィシンポジウム論文集, p.51-55 (1984)
- 11) 村尾 誠, 加地 浩; 呼気分析とその臨床応用, *臨床生理*, **1**, 235-242 (1971)
- 12) Ohkuwa, T., Katou, Y., Katsumata, K., Nakao, T., Miyamura, M.; Blood lactate and glycerol after 400 m and 3000 m runs in sprint and long distance runners, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **53**, 213-218 (1984)
- 13) Ohkuwa, T., Miyamura, M., Andou, Y., Utsuno, T.; Sex differences in lactate and glycerol levels during maximal aerobic and anaerobic running, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **57**, 746-752 (1988)
- 14) Pruet, E. D. R.; FFA mobilization during and after prolonged severe muscular work in men, *J. Appl. Physiol.*, **29**, 809-815 (1970)
- 15) Rothlin, M. E., Bing, R. J.; Extraction and release of individual free fatty acids by the heart and fat depots, *J. Clin. Invest.*, **40**, 1380-1386 (1961)
- 16) 嵯峨井勝; 生体内過酸化脂質の測定 C., 呼気分析, 過酸化脂質実験法, 金田, 植田編, 医歯薬出版, pp. 98-108 (1983)
- 17) Simko, V., Ondreicka, R., Chorvathova, V., Bobek, P.; Effect of long-term physical exercise on bile sterols, fecal fat and fatty acid metabolism in rats, *J. Nutr.*, **100**, 1331-1340 (1970)
- 18) Spitzer, J. J., Gold, M.; Free fatty acid metabolism by skeletal muscle, *Am. J. Physiol.*, **206**, 159-163 (1964)
- 19) Stewart, R. D., Boettner, E. A.; Expired-air acetone in diabetes mellitus, *New Engl. J.*

- Med.*, 270, 1035-1038 (1964)
- 20) 鈴木正成, 小柳達男; 運動と栄養に関する研究 (第2報) *栄養と食料*, 21, 55-59 (1967)
- 21) Tassopoulos, C. N., Barnett, D.; Breath-acetone and blood-sugar measurements in diabetes, *Lancet*, 1282-1286 (1969)
- 22) 辻 啓介, 辻 悦子, 太田富喜雄, 大島寿美子, 鈴木秀雄, 鈴木慎次郎; 栄養と運動がシロネズミ脂肪組織の脂肪酸組成におよぼす影響, *栄養学雑誌*, 30, 53-57 (1972)
- 23) 内田義之, 本間敏明, 藤岡 浩, 市瀬孝道, 嵯峨井勝, 長谷川鎮雄; 呼気ガス炭化水素測定の臨床応用, *日本臨床生理学会雑誌*, 13, 108-112 (1983)
- 24) Wirth, A., Heuck, C. C., Holm, G., Björntorp, P.; Changes in the composition of fatty acids of total lipids in various tissues and serum due to physical training and food restriction in the rat, *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, 40, 55-62 (1980)